

1 IAP20 Rec'd PCT/PTO 17 FEB 2006

Dispositif de transfert d'eau et de chaleur entre deux flux d'air et application à l'humidification de gaz d'entrée de pile à combustible

La présente invention concerne les dispositifs de transfert d'eau et de chaleur entre un premier et un second flux d'air et l'utilisation d'un tel dispositif pour l'humidification de l'air d'alimentation d'une pile à combustible.

Une installation d'alimentation en air de pile à combustible comprenant un dispositif de transfert d'eau et de chaleur entre les circuits d'entrée et de sortie d'air cathode est décrit dans le document FR-A-2 828 011, au nom de la Demanderesse.

La présente invention a pour objet de proposer un dispositif amélioré de ce type, de structure compacte et de coûts d'assemblage réduits et présentant une efficacité accrue avec de faibles pertes de charge.

Pour ce faire, selon une caractéristique de l'invention, le dispositif de transfert d'eau et de chaleur comprend un empilage d'au moins deux sous-ensembles de transfert de configuration lamellaire comportant chacun une structure de transfert à matériaux poreux hydrophiles disposée entre une première structure de distribution du premier flux d'air et une deuxième structure de distribution du deuxième flux d'air.

Selon des caractéristiques plus particulières de l'invention :

La structure de transfert comprend au moins une couche micro-poreuse et une couche macro-poreuse, avantageusement constituées sous la forme d'une couche de supportage à fibres longues, typiquement tissées.

Les couches poreuses d'un sous ensemble sont en contact local avec les couches poreuses d'un sous ensemble adjacent.

L'empilage est monté pressé entre des cordes de distribution de fluide munies d'organes de raccordement à des circuiteries, notamment de circuit d'air et d'eau pour l'humidification de l'air d'alimentation d'une pile à combustible.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description suivante de modes de réalisation, donnée à titre illustratif mais nullement limitatif, faite en relation avec les dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique partielle en perspective et en éclaté d'un mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention ; et

- les figures 2 et 3 sont des vues en plan des structures de distribution des premier et second flux d'air du dispositif de la figure 1.

Comme on le voit sur la figure 1, le dispositif selon l'invention comprend essentiellement un empilage de sous-ensembles de transfert de configurations lamellaires comportant chacun une structure de transfert poreuse intercalée  
5 entre une première structure de distribution du premier flux d'air (ou cellule d'évaporation) 1 et une deuxième structure de distribution du deuxième flux d'air (ou cellule de condensation) 2.

Plus précisément, la structure de transfert à matériau poreux hydrophile  
10 comprend au moins une couche micro-poreuse hydrophile 3 en contact avec une couche macro-poreuse hydrophile 4.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1, chaque couche macro-poreuse 4, réalisée typiquement en fibres longues de verre ou de cellulose tissées, avantageusement un tissu serré de fibres de verre, est interposé entre  
15 deux couches micro-poreuses ou membranes 3, réalisées typiquement dans un matériau plastique hydrophile fritté, avantageusement en polyéther sulfone (PES), délimitant en haut et en bas les structures de transfert.

Outre son rôle de transport intrinsèque d'eau, la couche macro-poreuse assure un rôle de supportage mécanique pour assurer une séparation entre les  
20 deux couches micro-poreuses et garantir ainsi la présence d'un film capillaire entre ces deux parois capillaires, mais aussi pour supporter mécaniquement ces couches micro-poreuses afin de résister convenablement à la différence de pression entre les compartiments.

A cette fin, on choisira de préférence un tissu dont les fibres très longues  
25 restent tendues sous la pression et limitent la déformation irréversible des couches micro-poreuses tout en garantissant un transport transversal de l'eau liquide au sein de la structure tri couches, en transportant l'eau produite en excès dans certaines parties vers les zones où le bilan est déficitaire.

Chaque couche de l'empilement a typiquement une épaisseur comprise  
30 entre 1 et 5 mm, la dimension des pores des couches macro poreuses étant comprise entre 50 et 250 microns et celle des couches micro-poreuses n'excédant pas 5 microns.

Comme on le voit sur les figures 2 et 3, les structures de transfert de fluide sont constituées par au moins une, typiquement deux couches de polycarbonate formant l'image l'une de l'autre par symétrie centrale et pouvant ainsi être obtenues à partir d'un même moule. Chaque couche est constituée

5 d'un cadre qui délimite la zone d'échange dans lequel sont ménagés quatre trous collecteurs A-D pour le passage des gaz d'alimentation.

Pour un échange optimisé à contre-courant entre les flux d'air, de deux trous collecteurs opposés (A vers B dans la figure 2 et C vers D dans la figure 3) partent des canaux de guidage d'air 5 et 6, entrecoupés suivant un motif

10 déterminé par des cloisons de renvoi de flux 7 décalées d'un passage à l'autre et permettant de réaliser des restrictions à l'écoulement garantissant une turbulence du flux d'air. Les restrictions sont disposées de telle façon que chaque passage ait le même nombre de restriction, ce qui permet d'obtenir une bonne maîtrise de la distribution de l'air entre les différents passages.

Le cadre périphérique comporte des découpes en retrait 8 pour permettre d'exposer des zones latérales débordantes 9 et 10 des couches poreuses 3 et 4, qui permettent, en configuration assemblée des couches et des sous-ensembles, de maintenir en relation capillaire les différentes couches poreuses

15 antériorisant la répartition de l'eau liquide entre ces éléments et l'évacuation vers l'extérieur de l'eau produite en excès dans le dispositif de transfert. Cette évacuation vers l'extérieur de l'eau produite en excès permet d'éviter l'engorgement des couches poreuses mais également, grâce à la répartition

20 ainsi obtenue dans toutes les couches de l'eau liquide produite en excès dans la pile, d'éviter l'assèchement des zones déficitaires en eau liquide. On obtient de plus une fonction de séparation de phases dans la partie condensation, où l'eau

25 liquide est « aspirée » par les mèches de contact 9 et 10 et s'écoule par gravité vers le bas du dispositif pour évacuation par la sortie 12.

L'empilement des structures de transfert et de distribution, encollées périphériquement, est pressé entre des corps de distribution d'extrémité 20 et

30 21, typiquement également en polycarbonate ou PMMA, ayant des lumières de raccordement à des circuiteries de fluides de pile à combustible. Dans le mode de réalisation représenté, le collecteur C est le collecteur de la veine de condensation pour le gaz humide qui est introduit à la base par une entrée 10 et

appauvri en oxygène, c'est-à-dire pour la sortie de l'air appauvri de la pile à combustible. Ce collecteur à également une fonction de séparateur de phases, l'eau liquide en excès de la veine de condensation tombant vers le bas dans le corps d'extrémité inférieur pour être évacué par un trou d'évacuation 11. Le collecteur D est celui de l'entrée de la veine de condensation, c'est-à-dire la sortie d'air très humide de la pile. Corrélativement, comme on le voit sur la figure 2, le collecteur A est celui de l'entrée dans la veine d'évaporation, c'est-à-dire du flux de gaz sec en sortie du compresseur d'air alimentant la pile, le collecteur B étant celui de la sortie de la veine d'évaporation, c'est-à-dire de l'air humidifié dans le dispositif selon l'invention et fourni à la pile pour l'alimentation en oxygène de cette dernière.

Après assemblage, le dispositif est enveloppé périphériquement de façon étanche dans un film étanche, par exemple en cellophane ou en polyuréthane, pour éviter le dessèchement des couches poreuses lors des périodes de non utilisation de la pile à combustible.

Bien que l'invention ait été décrite en relation avec des modes de réalisation particuliers, elle ne s'en trouve pas limitée, mais est susceptible de modification ou de variantes qui apparaîtront à l'homme du métier dans le cadre des revendications ci-après.

En particulier, dans le cas où les propriétés capillaires de la couche macro-poreuse et le film d'eau résiduel entre cette dernière et la couche micro-poreuse adjacente permettent un transport suffisant de l'eau liquide, ou dans le cas où la pression dans les structures de condensation 2 est très proche de la pression atmosphérique, on n'a pas besoin d'assurer une étanchéité entre la couche macro-poreuse et cette structure de transfert, en supprimant ainsi une des couche micro-poreuse 3 à points de bulles élevés côté structure de condensation. Dans ce cas, il faut que la couche macro-poreuse 4 ait un point de bulle supérieur à la différence de pression entre la structure de condensation et la pression atmosphérique.

### REVENDICATIONS

1. Dispositif de transfert d'eau et de chaleur entre un premier et un second flux d'air, comprenant un empilage d'au moins deux sous ensemble de transfert de configuration lamellaire comportant chacun une structure de transfert à matériaux poreux hydrophiles (3,4) disposée entre une première structure de distribution du premier flux d'air (1) et une deuxième structure de distribution du deuxième flux d'air (2).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la structure de transfert comprend au moins une couche micro-poreuse (3) et une couche macro-poreuse (4).

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la couche macro-poreuse (4) est une couche de supportage en un matériau à fibres longues.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que la couche macro-poreuse (4) est réalisée dans un matériau formé de fibres de cellulose ou de verre.

5. Dispositif selon la revendication 3 ou la revendication 4, caractérisé en ce que la couche macro-poreuse (4) est constituée de fibres tissées.

6. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que la couche macro-poreuse (4) a des dimension de pores entre 50 et 250  $\mu$ .

7. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que la couche micro-poreuse (3) a une dimension de pores n'excédant pas 5 microns.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que la couche micro-poreuse (3) est réalisée en polyéthersulfone (PES).

9. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que les couches poreuses (3,4) ont chacune une épaisseur n'excédant pas 5 mm.

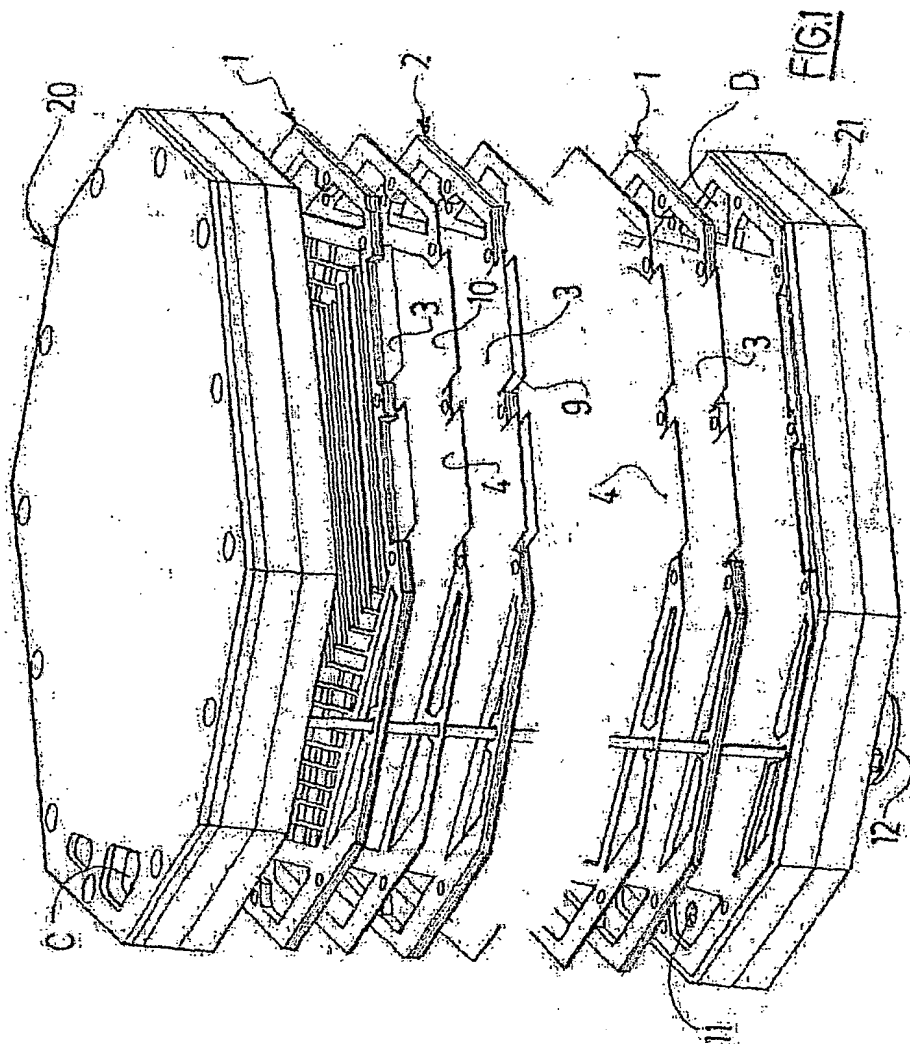
10. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 9, caractérisé en ce que les couches poreuses d'un sous-ensemble sont en contact local (9, 10) avec les couches poreuses d'un sous-ensemble adjacent.

11. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque structure de transfert (1,2) comprend au moins une plaque moulée en polycarbonate.

5 12. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'empilage est enveloppé périphériquement dans un film étanche.

13. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'empilage est monté pressé entre des corps de distribution de fluide (20,21) munis d'organes de raccordement à des circuiteries.

10 14. Utilisation d'un dispositif selon l'une des revendications précédentes, pour l'humidification de l'air d'alimentation d'une pile à combustible.







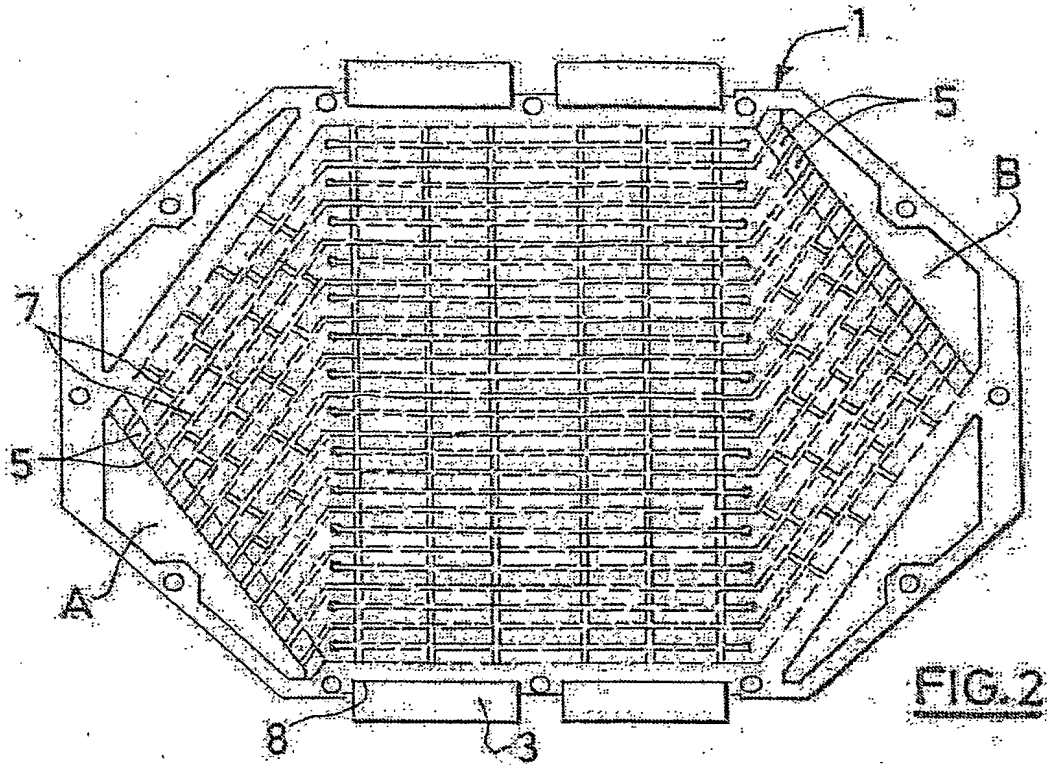


FIG. 2

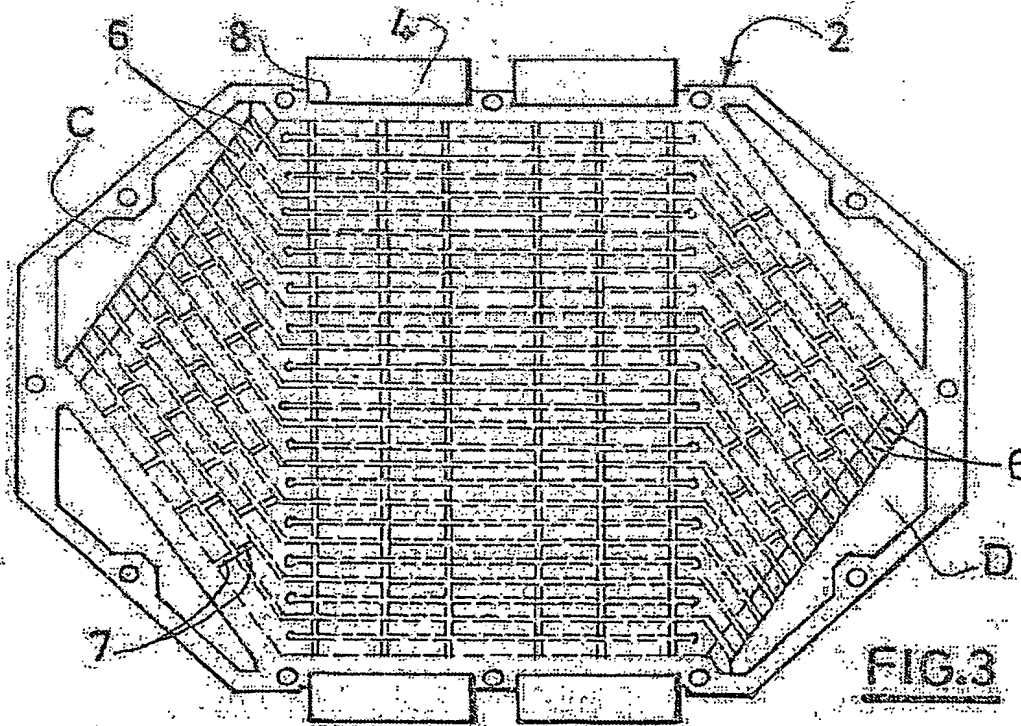


FIG. 3



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR2004/050419

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01M8/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 298 749 A (SIEMENS AG) 2 April 2003 (2003-04-02) claims 1-3; figure 2	1-3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 08, 29 September 1995 (1995-09-29) & JP 07 135012 A (TOYOTA MOTOR CORP.), 23 May 1995 (1995-05-23) abstract	1
A	FR 2 828 011 A (L'AIR LIQUIDE) 31 January 2003 (2003-01-31) cited in the application the whole document	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 August 2005

Date of mailing of the international search report

14/09/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Clement, J-P

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/050419

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1298749	A	02-04-2003	EP 1298749 A1	02-04-2003
			CA 2461744 A1	10-04-2003
			DE 50203030 D1	09-06-2005
			WO 03030288 A2	10-04-2003
			EP 1435121 A2	07-07-2004
			JP 2005518065 T	16-06-2005
			US 2004234833 A1	25-11-2004
			CA 2395192 A1	21-06-2001
			DE 50006021 D1	13-05-2004
			EP 1243044 A2	25-09-2002
			JP 2003517184 T	20-05-2003
			US 2002172854 A1	21-11-2002
JP 07135012	A	23-05-1995	JP 3511653 B2	29-03-2004
FR 2828011	A	31-01-2003	FR 2828011 A1	31-01-2003

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 HO1M8/04

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 HO1M

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 1 298 749 A (SIEMENS AG) 2 avril 2003 (2003-04-02) revendications 1-3; figure 2	1-3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 08, 29 septembre 1995 (1995-09-29) & JP 07 135012 A (TOYOTA MOTOR CORP.), 23 mai 1995 (1995-05-23) abrégé	1
A	FR 2 828 011 A (L'AIR LIQUIDE) 31 janvier 2003 (2003-01-31) cité dans la demande le document en entier	1-14



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

## \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 août 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

14/09/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Clement, J-P

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/050419

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1298749	A	02-04-2003	EP 1298749 A1	02-04-2003
			CA 2461744 A1	10-04-2003
			DE 50203030 D1	09-06-2005
			WO 03030288 A2	10-04-2003
			EP 1435121 A2	07-07-2004
			JP 2005518065 T	16-06-2005
			US 2004234833 A1	25-11-2004
			CA 2395192 A1	21-06-2001
			DE 50006021 D1	13-05-2004
			EP 1243044 A2	25-09-2002
			JP 2003517184 T	20-05-2003
			US 2002172854 A1	21-11-2002
JP 07135012	A	23-05-1995	JP 3511653 B2	29-03-2004
FR 2828011	A	31-01-2003	FR 2828011 A1	31-01-2003